

# Mathematical Models of Influence of Total Admixtures and Kernel Moisture on Hectoliter Weight of Wheat

Tajana KRIČKA<sup>1</sup>

Željko JUKIĆ<sup>2</sup>

Neven VOĆA<sup>1</sup>

Sandra VOĆA<sup>1</sup>

Denis MAKSIĆ<sup>1</sup>

## SUMMARY

With the purpose of determining if relationships between hectoliter weight, total admixtures and their components and kernel moisture can be mathematically modeled, wheat kernel samples were taken at the point of entering a silo in a northwestern Croatia in a period of three years (1997–1999). The intention of the research was to determine mutual interaction of the above mentioned factors, with taking no consideration of data connected to varieties or agrotechnology. It means that the purpose was to get insight into the actual situation at the entry point of the silo, with wheat grown with the higher level of agrotechnology as well the wheat grown with a lower level of agrotechnology. Twenty samples were taken every year at random. Hectoliter weight, kernel moisture and total admixtures were measured for every sample, and in the last year of the research (1999) the amounts of black and white admixtures as well as their components. The mutual interaction among the above mentioned factors as well as the influence of white and black admixture components on the hectoliter weight and the kernel moisture were shown with help of a correlation coefficient. The mutual interaction among the above mentioned factors was mathematically modeled by means of linear equations. Hectoliter weight and total admixtures showed negative average correlation in the three-year research period ( $r=-0.38$ ;  $P<0.01$ ), and so did hectoliter weight and kernel moisture ( $r=-0.37$ ;  $P<0.01$ ). When the range of various levels of kernel moisture that were found in the research is divided into four smaller ranges, it enables us to clearly see which of the chosen kernel moisture level ranges best correlates with hectoliter weight and total admixtures. In 1998 those were ranges of 12.5–13.5% kernel moisture ( $r=-0.67$ ;  $P<0.05$ ) and 13.6–14.5% kernel moisture ( $r=-0.85$ ;  $P<0.05$ ), and in the year 1999 it was the range of 13.6–14.5% kernel moisture ( $r=-0.83$ ;  $P<0.05$ ).

Analysis of ratio of hectoliter weight, total admixtures, black and white admixtures above 70.8 kg/hl showed a decrease of total and black admixtures content, and an increase in white admixtures content. Analysis of the ratio between moisture and black, white and total admixtures showed that a moisture increase above 11% results in an increase of white admixtures content, and a decrease in total and black admixtures content.

Research results indicate that mathematical modeling of the above mentioned factors is not reliable because the determination coefficients for the shown admixtures, kernel moisture and hectoliter weight are too low. It was only in the second research year that the ratio equation for hectoliter weight and total admixtures showed a higher determination coefficient (0.6068). Determination coefficients ( $R^2$ ) for linear equations of the factors in the research are low, which indicates that the relationships of this kind between hectoliter weight, kernel moisture and total admixtures, as well as those between kernel moisture and black and white admixtures are not likely to occur again.

## KEY WORDS

wheat, admixtures, kernel moisture, purification, kernel moisture

<sup>1</sup> Department for agricultural technology, storing and transportation

<sup>2</sup> Department of Field Crops, Forage and Grassland

Faculty of Agriculture, University of Zagreb  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Croatia

E-mail: [tkricka@agr.hr](mailto:tkricka@agr.hr)

Received: January 20, 2001

# Matematičko modeliranje utjecaja ukupnih primjesa i vlage zrna na hektolitarsku masu pšenice

Tajana KRIČKA<sup>1</sup>Željko JUKIĆ<sup>2</sup>Neven VOĆA<sup>1</sup>Sandra VOĆA<sup>1</sup>Denis MAKSIĆ<sup>1</sup>

## SAŽETAK

Da bi se utvrdilo da li se odnosi između hektolitarske mase, ukupnih primjesa i njihovih komponenata te vlage zrna pšenice mogu matematički modelirati, kroz trogodišnje razdoblje (1997.–1999. godina) uzimani su uzorci pšenice prilikom prijama u jednom silosu na području sjeverozapadne Hrvatske. Namjera istraživanja bila je, odrediti utjecaj prije navedenih veličina jedne na drugu ali bez podataka o sortama i agrotehnici odnosno, snimiti stanje upravo onako kako ono izgleda kod prijama kako pšenice uzgojene uz višu agrotehniku, tako i kod pšenice uzgojene na niskoj agrotehnici. Svake godine uzeto je 20 slučajno odabranih uzoraka. U svim uzorcima određena je hektolitarska masa, vlaga u zrnu i ukupne primjese, a u zadnjoj godini istraživanja (1999. godina) određene su i pojedinačne vrijednosti crnih i bijelih primjesa kao i njihovih komponenti. Pomoću koeficijenta korelacije prikazan je utjecaj prije navedenih veličina jedne na drugu, kao i utjecaj komponenti crnih i bijelih primjesa na hektolitarsku masu i vlagu zrna. Međusobni utjecaj nabrojanih veličina matematički je modeliran pomoću linearnih jednadžbi. U trogodišnjem razdoblju istraživanja u prosjeku hektolitarska masa i ukupne primjese su u negativnoj korelaciji ( $r=-0,38$ ;  $P<0,01$ ). U negativnoj korelaciji su i hektolitarska masa i vlaga zrna ( $r=-0,37$ ;  $P<0,01$ ). Kada se raspon vlaga u zrnu koje su utvrđene u istraživanju podijeli na četiri manja raspona onda se još bolje može vidjeti koji od odabranih raspona vlage zrna najbolje korelira sa hektolitarskom masom i ukupnim primjesama. U 1998. godini to su bili rasponi od 12,5–13,5% ( $r=-0,67$ ;  $P<0,05$ ) i 13,6–14,5% vlage u zrnu ( $r=-0,85$ ;  $P<0,05$ ), a u 1999. godini raspon od 13,6–14,5% vlage u zrnu ( $r=-0,83$ ;  $P<0,05$ ). Na hektolitarsku masu više su utjecale crne primjese od bijelih, a od crnih primjesa na hektolitarsku masu najviše utječe udio korovskog sjemena. Između crnih primjesa i hektolitarske mase utvrđena je negativna korelacija ( $r=-0,56$ ;  $P<0,01$ ), baš kao i između udjela korovskog sjemena i hektolitarske mase ( $r=-0,55$ ;  $P<0,05$ ).

Analizom omjera između hektolitarske mase, ukupnih primjesa, crnih i bijelih primjesa iznad 70,8 kg/hl smanjivao se sadržaj ukupnih i crnih primjesa, a povećavao se sadržaj bijelih primjesa. Analizom omjera između vlage te crnih, bijelih i ukupnih primjesa, utvrđeno je da se povećanjem vlage iznad 11% povećao i sadržaj bijelih primjesa, a sadržaj ukupnih i crnih primjesa se smanjio.

Rezultati istraživanja pokazuju da matematičko modeliranje za navedene veličine nije pouzdano jer su koeficijent determinacije za prikazane primjese, vlagu u zrnu i hektolitarsku masu mali. Jedino je u drugoj godini istraživanja jednadžba omjera za hektolitarsku masu i ukupne primjese pokazala veći koeficijent determinacije (0,6068). Koeficijenti determinacije ( $R^2$ ) za linearne jednadžbe promatranih veličina u istraživanju su mali, što nam govori da će se ovakvi odnosi između hektolitarske mase, vlage u zrnu i ukupnih primjesa, vlage u zrnu i crnih i bijelih primjesa vrlo teško ponovno pojaviti.

## KLJUČNE RIJEČI

pšenica, primjese, vlaga zrna, čišćenje, hektolitarska masa

1 Zavod za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport

2 Zavod za specijalnu proizvodnju bilja

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

Email: tkricka@agr.hr

Primljeno: 20. siječnja 2001.



## UVOD

Pšenica je jedna od najvažnijih kultiviranih biljaka koje čovjek uzgaja. Ona je najvažnija žitarica za dobivanje kruha, najosnovnijeg prehrambenog artikla u cijelom svijetu. Zbog svoje velike važnosti u prehrani ljudi, proizvodnja pšenice utjecala je u velikoj mjeri na razvoj prometa, trgovine, mlinsko-pekerske industrije i sl. Pšenica je postala jedan od najvažnijih predmeta trgovačke razmjene i ona će sigurno i u daljoj budućnosti zadržati značaj koji ima danas. Prilikom prijama pšeničnog zrna u silose i skladišta, osim zrna osnovne kulture u masi zrna nalaze se i različite primjese koje imaju utjecaja kako na dužinu skladištenja tako i na kakvoću pšeničnog zrna. Primjese su još davne 1964. godine podijeljene na bijele i crne, a njihov zbroj sačinjava ukupne primjese (ICC, 1964). Podaci o primjesama odnosno o količini i vrstama primjesa su oskudni ili ih gotovo u nas i nema (Ritz, 1997). Isti autor tvrdi da pogotovo za uljano bilje nedostaju ovi vrlo važni podaci. Masa zrna prema svojoj prirodi nije ujednačena, jer je zrno formirano iz cvjetova koji su ranije ocvali krupnije, za razliku od zrna razvijenog iz kasnijih cvjetova iste biljke. Tijekom kombajniranja ili vršidbe zrno podliježe mehaničkim utjecajima, zbog kojih dolazi do različitih oštećenja i loma sjemenki (Ujević, 1988). Ritz i Štafa (1979) istraživali su udio primjesa u žetvi uljane repice. Istraživanja su proveli kroz tri godine. Prema analizama svih frakcija primjesa, autori su utvrdili da se u sve tri godine ispitivanja najviše pojavljuje polomljeno zrno (11,74 – 74,96%), a zatim nerazvijeno zrno (16,82 – 67,03%). Ostale primjese sačinjavale su ove nečistoće: prašina, pijesak, kamnečići, sitni dijelovi biljke te ostaci komuške raznih veličina. Razina agrotehnike te način i organizacija žetve utječu na količinu primjesa i njihov sastav. Osim uobičajnih komponenata u zrnenoj masi mogu se pojaviti i zrna zaražena ili oštećena štetnicima, pa i sami štetnici. Oštećeno sjeme intenzivnije diše i povećava temperaturu u masi te, tako potpomaže bržem razvoju mikroorganizama. Intenzivnije dišu i sjemenke korova jer imaju povećanu vlažnost (Sauer, 1992; Meronuck, Christensen, 1992). Primjese u masi zrna osnovne kulture utječu i na fizička svojstva iste. Sipkost i raslojavanje kao fizička svojstva zrnatih proizvoda ovise o sadržaju primjesa ali i o vlazi zrna, jer povećanje vlažnosti zrnene mase bitno smanjuje njenu sipkost, osim kod onih koje se sastoje od zrna okruglog oblika sa glatkom površinom (Boumans, 1985). Isto tako lake primjese u zrnenoj masi smanjuju njenu sipkost, a pri većem sadržaju korovskog sjemena sipkost može u potpunosti biti izgubljena. Poroznost uskladištene zrnene mase ovisi o obliku, dimenzijama, površini zrna, te o količini i vrsti primjesa u zrnenoj masi. Sorpcijska svojstva zrnene mase također, iako posredno ovise o količini i vrsti primjesa jer sorpcijska moć zrnene mase ovisi o nekoliko čimbenika, a između ostalog i o poroznosti uskladištene mase (Vukasović, 1972).

Hektolitarska masa kao jedno od važnijih fizičkih svojstava zrnatih proizvoda također ovisi o vlazi zrna, ali i o količini i vrsti primjesa. Hektolitarska masa veća je što su zrna kompaktnija, zrelija, osrednje veličine, ovalnog oblika, tanke ljuske i glatke površine. Specifično su lakša zrna ona s više laganih primjesa, s većom vlagom, debljom ljuskom i hrpavijom površinom, zbog čega imaju manju hektolitarsku masu. Šuplja i oštećena zrna, kao posljedica velikog utjecaja kukaca imaju utjecaj na hektolitarsku masu kao i na prinos brašna (Kljusurić, 2000). Vrijednost hektolitarske mase, ističu Dobričević Nadica i sur. (1995), ovisi o mnogo čimbenika. Prema autorima količina vode u zrnu i udio primjesa imaju izravan utjecaj na iznos hektolitarske mase. Povećani sadržaj vode u zrnu smanjuje vrijednost hektolitarske mase. Hektolitarska masa je kvalitativni parametar pomoću kojeg možemo predvidjeti i prinos brašna (Finney et al., 1987). No, istraživanja su pokazala da to i nije baš uvijek tako (Altaf Ali et al., 1969), jer hektolitarska masa kao parametar ne uzima u obzir odnos između niže gustoće smežuranog, oštećenog i lošije ispunjenog zrna u odnosu na normalno dozrelo zrno pšenice (Yamazaki i Briggles, 1969).

Zrnena masa onečišćena zelenim dijelovima biljke, sjemenkama korova ili nezrelim zrnima kvari se mnogo brže, nego očišćeno i zrelo zrno. Od svih primjesa najveću opasnost za uskladištene zrnate proizvode predstavljaju sjemenke korova. Dokazano je da sjemenke korova imaju povišenu vlažnost koja brzo prelazi na zrno osnovne kulture. Takvo zrno intenzivnije diše, a na taj način stvara odgovarajuće stanje za brži i intenzivniji razvoj mikroorganizama (Ritz, 1997). Zbog svega navedenog, prije stavljanja pšeničnog zrna u skladište potrebno je obaviti čišćenje i doradu. Čišćenje predstavlja odvajanje primjesa, a dorada predstavlja čišćenje i razvrstavanje. Prilikom prijama pšeničnog zrna u silose i skladišta pomoću brzih određivača vlage vrlo brzo dobiju se podaci o vlazi zrna i hektolitarskoj masi. No, već duže postoji ideja da se može bitnim modeliranjem podataka o hektolitarskoj masi, vlazi zrna i primjesama ove veličine stavi u određeni odnos. To znači da bi se pri određenim vlagama zrna mogla očekivati i određena hektolitarska masa te udio primjesa. Do sada su pojedini autori (Vešnik i sur., 1989; Krička i sur., 1997) to pokušali izvesti ali rezultati nisu pokazali čvrste odnosno jake povezanosti ovih parametara, pa ni modeliranje nije bilo prihvatljivo. Već smo vidjeli da mnogobrojni parametri mogu utjecati na vrijednost hektolitarske mase i količinu primjesa, pa zbog toga nije lako izvesti pravilne zaključke. Iako postoje generalni zaključci o tome kako hektolitarska masa ovisi o vlazi zrna i primjesama, ipak postoje i iznimni slučajevi u kojima ti odnosi nisu takvi. Zato je cilj ovog rada bio, analizirati primjese pšenice prije dorade i utvrditi, da li ukupne primjese ili pojedine skupine primjesa više ili manje utječu na vrijednosti

hektolitarske mase. Isto tako cilj je ovog rada bio, utvrditi odnos primjesa i to ukupnih i pojedinih komponenti primjesa na vlagu zrna. Međusobni odnos nabrojanih veličina matematički je modeliran, a pomoću koeficijentata korelacije pokušalo se prikazati utjecaj jedne veličine na drugu.

## METODIKA ISTRAŽIVANJA

Istraživanja su provedena u trogodišnjem razdoblju (1997 – 1999. godine). Hektolitarska masa, vlaga zrna i primjese istraženi su u jednom silosu uz mlinsko-pekarsku industriju. Pšenica je u silos pristizala iz bliže i dalje okolice, a ista je bila namijenjena za potrebe mlinsko-pekarske industrije. Naime, namjera istraživanja bila je, odrediti utjecaj prije navedenih veličina ali bez podataka o sortama i agrotehnici. Drugim riječima namjera je bila, snimiti stanje upravo onako kako ono izgleda kod prijama kako pšenice uzgojene uz višu agrotehniku, tako i kod pšenice uzgojene na niskoj agrotehnici. Prema nekim podacima u pojedinim godinama pšenica uzgojena na niskoj agrotehnici može imati zadovoljavajuću hektolitarsku masu za mlinsko-pekarsku industriju, ali postotak izbrašnjavanja takve pšenice nije zadovoljavajući. Osim toga niti visoka agrotehnika ne mora dati uvijek dovoljno čisto zrno, odnosno mali udio primjesa, jer primjena herbicida ne dođe u pravo vrijeme. Tu je i pitanje sortimenta. Isti sortiment u različitim područjima može dati različite rezultate o prinosu. Prilikom prijama pšenice u skladišne kapacitete prvo je određena ulazna masa. Nakon toga su sondom za uzimanje uzoraka u rasutom stanju uzeti uzorci zrna pšenice (Ujević i Kovačević, 1972). Uzorak zrna iz sonde je pojedinačni uzorak. Miješanjem pojedinačnih uzoraka u odgovarajućoj posudi dobiven je izvorni uzorak. Smanjivanjem izvornog uzorka metodom pomoću dijagonala dobiven je prosječni uzorak. Vlaga zrna određena je standardnom etalonskom metodom (sušnica, 130°C, 90 minuta). Hektolitarska masa određena je Shopper-ovom vagom (0,25 l), a vrijednosti za korekciju hektolitarske mase očitane su iz tablica. Za svaki uzorak napravljena su tri ponavljanja (zbog eventualno velikih razlika između ponavljanja). Primjese su određene na prosječnom uzorku od 250 grama, uz pomoć sita s otvorima širine 3,5; 2,0 i 1,0 mm. Prosječni uzorak je izvagan i prosijan kroz sito s otvorima 3,5 i 1,0 mm 45 sekundi.

Ostatak na situ od 3,5 mm i propad kroz sito 1,0 mm zajedno su odvagani i činili su skupinu nečistoća. Od prosijanog uzorka pažljivo se uzeo prosječni uzorak mase 100 grama. Ovaj uzorak se precizno odvagao a zatim raširio na glatkoj površini u tankom sloju. Pomoću pincete izdvojena su polomljena zrna, zrna drugih žitarica, prokljajala zrna, zrna oštećena od štetnika, sjemenke korova i zrna na kojima se primjetilo kvarenje. Ovako pročišćeni uzorak se

zatim jednu minutu prosijavao kroz sito s otvorima 2,0 mm. Propad kroz sito čini skupinu "štura zrna". Svaki sastojak primjesa odvagat je na vagi s točnošću od 0,01 g i preračunat na postotak za prosječni uzorak (Ritz, 1997). Nakon toga svi su rezultati statistički obrađeni. Određen je koeficijent korelacije između hektolitarske mase i ukupnih primjesa, hektolitarske mase i sadržaja vlage u zrnu te korelacija između ukupnih primjesa i sadržaja vlage u zrnu. Osim toga u trećoj godini istraživanja određene su korelacije između hektolitarske mase i crnih odnosno bijelih primjesa te između hektolitarske mase i njihovih komponenata (korovsko sjeme, anorganske i organske primjese, štura i polomljena zrna). Također određeni su i korelativni odnosi između vlage zrna i svih prije nabrojanih komponenti kod crnih i bijelih primjesa. Kroz sve tri godine istraživanja svi ispitivani uzorci pšenice su s obzirom na sadržaj vlage u zrnu podijeljeni u četiri kategorije i to od: 12,5 – 13,5%, od 13,6 – 14,5%, od 14,6 – 15,5% i od 15,6 – 16,2 ili 16,8%. To je učinjeno iz razloga da se utvrdi koja od kategorija vlage zrna bolje korelira sa hektolitarskom masom i primjesama. Osim toga međusobni odnos hektolitarske mase, vlage zrna i primjesa matematički je modeliran, a odnos je prikazan pomoću linearnih jednadžbi.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA I RASPRAVA

Podaci o prosječnom sadržaju vlage u zrnu pokazuju da je isti tijekom istraživanja bio ujednačen, ali podaci o minimalnom i maksimalnom sadržaju vlage u zrnu pokazuju da svi uzorci nisu imali vlagu povoljnu za dugotrajnije skladištenje.

Naime, tijekom istraživanja (trogodišnje razdoblje) sadržaj vlage u zrnu kretao se od 11,0 do 16,8% (u 1997. godini sadržaj vlage kretao se od 12,6 – 16,2%; u 1998. godini od 12,0 – 16,4% i u 1999. godini od 11,0 – 16,8%). To znači, da se od prve pa do treće godine istraživanja raspon vlaga u zrnu širio. Međutim u 1997. godini utvrđena je i najveća prosječna vlaga u zrnu koja je iznosila 14,2%, dok je u 1999. godini utvrđena najmanja, u prosjeku vlaga zrna i iznosila je 13,4%. Vlaga zrna u prosjeku u 1998. godini iznosila je 13,5%. Najveća hektolitarska masa u prosjeku (76,60 kg/hl) utvrđena je u 1997. godini, dok je najmanja hektolitarska masa utvrđena u 1998. godini (74,69 kg/hl). U 1999. godini hektolitarska masa u prosjeku iznosila je 75,61 kg/hl. Najveća razlika između minimalne i maksimalne hektolitarske mase utvrđena je u trećoj godini istraživanja (1999. godina) i iznosila je 12,9 kg (minimalna hektolitarska masa iznosila je 70,8 kg/hl, a maksimalna 83,7 kg/hl). U prvoj godini istraživanja (1997. godina) razlika između minimalne i maksimalne hektolitarske mase iznosila je 7,3 kg (80,3 kg/hl maksimalna i 73,0 kg/hl minimalna), a u drugoj godini istraživanja (1998. godina) razlika između minimalne i maksimalne hektolitarske mase



Tablica 1. Vrijednost koeficijenta korelacije (r) za hektolitarsku masu, vlagu zrna i ukupne primjese tijekom istraživanja  
 Table 1. Correlation coefficient (r) for hectoliter weight, kernel moisture and total admixtures during the research

Veličine u korelaciji-Correlated factor	Godina-Year			Prosjeck Average
	1997.	1998.	1999.	
Hektolitarska masa / Ukupne primjese - Hectolter weigh / Total admixtures	-0,16 n.s.	- 0,61 **	-0,37 n.s.	- 0,38 **
Hektolitarska masa / Vлага zrna - Hectolter weigh / Kernel moisture	-0,38 n.s.	-0,23 n.s.	-0,49 *	- 0,37 **
Ukupne primjese / Vлага zrna - Total admixtures / Kernel moisutre	-0,30 n.s.	-0,05 n.s.	0,19 n.s.	- 0,16 n.s.

\* - signifikantnost uz 5% pogreške-level of significance with 5% error: \*\* - signifikantnost uz 1% pogreške-level of significance with 1% error

iznosila je 9,9 kg (maksimalna 79,4 kg/hl a minimalna 69,5 kg/hl). Najmanje ukupnih primjese u prosjeku utvrđeno je u prvoj godini istraživanja (1997. godina; 3,0 g), dok je istih najviše u prosjeku utvrđeno u trećoj godini istraživanja (1999. godina; 5,5 g). U drugoj godini istraživanja ukupnih primjese bilo je u prosjeku 4,4 g. Najveći raspon između minimalnih i maksimalnih vrijednosti za ukupne primjese utvrđen je u drugoj godini istraživanja (11,5 g), dok je u prvoj godini istraživanja isti iznosio 2,6 g, a u trećoj 6,5 g. Iz iznesenih podataka može se zaključiti da je u prvoj godini istraživanja (1997. godina) utvrđena u prosjeku najveća hektolitarska masa, u prosjeku najmanje ukupnih primjese i najveća vлага zrna u prosjeku. U prvoj godini istraživanja utvrđeni su najmanji rasponi između minimalnih i maksimalnih vrijednosti za hektolitarsku masu, vlagu zrna i ukupne primjese. Kada se hektolitarska masa, vлага zrna i ukupne primjese stave u korelativni odnos, onda se može vidjeti da, postoje razlike u koeficijentu korelacije

između godina. Prosječni koeficijent korelacije pokazuje (za trogodišnje razdoblje istraživanja) da su hektolitarska masa i ukupne primjese u negativnoj korelaciji kao i hektolitarska masa i vлага zrna i da je u prosjeku koeficijent korelacije statistički opravdan (tablica 1). Za vlagu zrna i primjese utvrđena je također negativna korelacija, ali koeficijent korelacije nije statistički opravdan. Općenito ako je koeficijent korelacije i slabiji u pojedinim godinama istraživanja za pojedine veličine bitno je da on uvijek ima isti predznak (pozitivan ili negativan). Kada se predznak koeficijenta korelacije iz godine u godinu mijenja tada je to znak slabije korelacije. Predznak koeficijenta korelacije za korelativni odnos hektolitarske mase i ukupnih primjese, te hektolitarske mase i vlage zrna je negativan što znači da se povećanjem jedne varijable vrijednost druge varijable smanjuje (Petz, 1985; Vasilj, 2000). To je u skladu sa literaturnim navodima jer brojni autori ističu da se povećanjem ukupnih primjese i vlage zrna smanjuje hektolitarska masa (Ritz, 1997; Ujević, 1988, Vukasović, 1972).

Tablica 2. Vrijednost koeficijenta korelacije (r) za hektolitarsku masu i ukupne primjese kod različitih vlaga zrna pšenice tijekom istraživanja  
 Table 2. Correlation coefficient (r) for hectoliter weight and total admixtures in various moisture levels of wheat kernel during the research

Veličine u korelaciji-Correlated factor	Godina-Year	Područje vlage zrna-Kernel moisture range (%)			
		12,5-13,5	13,6-14,5	14,6-15,5	15,6-16,2
Hektolitarska masa / Ukupne primjese Hectolter weigh / Total admixtures	1997.	-0,73 n.s.	0,14 n.s.	0,37 n.s.	-0,86 n.s.
Hektolitarska masa / Vлага zrna Hectolter weigh / Kernel moisture		0,70 n.s.	0,09 n.s.	-0,36 n.s.	-
Ukupne primjese / Vлага zrna Total admixtures / Kernel moisutre		-0,78 n.s.	-0,37 n.s.	0,24 n.s.	0,75 n.s.
Hektolitarska masa / Ukupne primjese Hectolter weigh / Total admixtures	1998.	-0,67 *	-0,85 *	-	-
Hektolitarska masa / Vлага zrna Hectolter weigh / Kernel moisture		-0,06 n.s.	0,19 n.s.	-	-
Ukupne primjese / Vлага zrna Total admixtures / Kernel moisutre		0,46 n.s.	-0,11 n.s.	-	-
Hektolitarska masa / Ukupne primjese Hectolter weigh / Total admixtures	1999.	0,02 n.s.	-0,83 *	-	-
Hektolitarska masa / Vлага zrna Hectolter weigh / Kernel moisture		-0,57 n.s.	0,26 n.s.	-	-
Ukupne primjese / Vлага zrna Total admixtures / Kernel moisutre		0,06 n.s.	-0,27 n.s.	-	-

\* - signifikantnost uz 5% pogreške- level of significance with 5% error



Tablica 3. Vrijednost koeficijenta korelacije (r) za hektolitarsku masu, vlagu zrna, ukupne primjese, crne i bijele primjese u trećoj godini istraživanja (1999. godina)

Table 3. Correlation coefficient (r) for hectoliter weight, kernel moisture, total admixtures and black and white admixtures in the third year of research (1999)

Veličine u korelaciji	Correlated factor	r
Hektolitarska masa / Vлага zrna	Hectoliter weight / Kernel moisture	-0,49 *
Hektolitarska masa / Ukupne primjese	Hectoliter weight / Total admixture	-0,34 n.s.
Hektolitarska masa / Ukupne crne primjese	Hectoliter weight / Total black admixtures	-0,56 **
Hektolitarska masa / Korovsko sjeme	Hectoliter weight / Weed seeds	-0,55 *
Hektolitarska masa / Organske primjese	Hectoliter weight / Organic admixtures	-0,13 n.s.
Hektolitarska masa / Ukupne bijele primjese	Hectoliter weight / Total white admixtures	-0,02 n.s.
Hektolitarska masa / Bolesna zrna	Hectoliter weight / Diseased kernels	-0,16 n.s.
Hektolitarska masa / Štura zrna	Hectoliter weight / Underdeveloped kernels	-0,29 n.s.
Hektolitarska masa / Polomljeno zrna	Hectoliter weight / Broken kernels	0,34 n.s.
Vлага zrna / Ukupne primjese	Kernel moisture / Total admixtures	0,19 n.s.
Vлага zrna / Ukupne crne primjese	Kernel moisture / Total black admixtures	0,23 n.s.
Vлага zrna / Korovsko sjeme	Kernel moisture / Weed seed	0,28 n.s.
Vлага zrna / Ukupne bijele primjese	Kernel moisture / Total white admixtures	0,13 n.s.
Vлага zrna / Bolesna zrna	Kernel moisture / Diseased kernels	0,02 n.s.
Vлага zrna / Štura zrna	Kernel moisture / Underdeveloped kernels	0,11 n.s.
Vлага zrna / Polomljeno zrno	Kernel moisture / Broken kernels	0,0007 n.s.

Kada se raspon vlaga u zrnu koje su utvrđene u istraživanju podijeli na četiri manja raspona onda se još bolje može vidjeti koji od odabranih raspona vlage zrna najbolje korelira sa hektolitarskom masom i ukupnim primjesama. To su rasponi od 12,5 do 13,5% i 13,6 do 14,5% vlage u zrnu, jer su u tim rasponima koeficijenti korelacije bili uvijek veći od ostala dva raspona vlage zrna. U prvoj godini utvrđeni su veći koeficijenti korelacije za hektolitarsku masu i ukupne primjese, kao i za ukupne primjese i vlagu zrna, ali je bilo vrlo malo uzoraka tako da se oni samo navode i nemaju ozbiljnije značenje. Trebalo bi povećati broj uzoraka sa vlagama zrna između 15,6 i 16,2% da bi se točnije odredio korelativni odnos. U 1998 i 1999 godini koeficijenti korelacije bili su statistički opravdani i to za korelativni odnos između hektolitarske mase i primjesa u rasponu vlaga od 12,5 do 13,5% i 13,6 do 14,5% u 1998. godini i za raspon vlage zrna od 13,6 do 14,5% u 1999. godini. Vrijednosti koeficijenata korelacije prikazani su u tablici 2.

Iz tablice 2 može se zapaziti, da se točniji zaključak o korelativnom odnosu između hektolitarske mase, vlage u zrnu i ukupnih primjesa može izvesti pri nižim vlagama u zrnu nego pri višim. Ovaj zaključak je u skladu sa literaturnim navodima jer Vešnik i sur. (1989) ističu da određivanje hektolitarske mase i količine primjesa nisu pouzdana kada se provode u pšenici čija vlažnost prelazi 14%.

Osim toga Krička i sur. (1997) ističu da se povećanjem vlage zrna pšenice iznad 9,4% smanjuje vrijednost hektolitarske mase, te da se udio crnih i bijelih primjesa smanjuje kada se vrijednost hektolitarske mase povećava iznad 68 kg.

Kako je u metodici rečeno u trećoj godini istraživanja osim ukupnih primjesa određen je udio crnih i bijelih primjesa te njihovih komponenata. Zatim su te vrijednosti stavljene u korelativni odnos da se vidi koja od navedenih komponenata možda bolje korelira sa hektolitarskom masom i vlagom zrna. Kako se može vidjeti iz tablice 3, na hektolitarsku masu više su utjecale crne primjese od bijelih, tako da je koeficijent korelacije za crne primjese i hektolitarsku masu bio i statistički opravdan uz pogrešku od 1%. Od crnih primjesa na hektolitarsku masu najviše utječe korovsko sjeme. Koeficijent korelacije je negativan i statistički opravdan, a to znači da se povećanjem udijela korovskog sjemena smanjuje hektolitarska masa. Korovsko sjeme također je utjecalo i na sadržaj vode u zrnu pšenice. Korelacija je pozitivna ali je koeficijent korelacije manji i statistički neopravdan. Sve ostale korelacije prikazane su u tablici 3.

Osim određivanja korelativnih odnosa u istraživanju se pokušalo matematički modelirati odnos između hektolitarske mase, ukupnih primjesa i vlage u zrnu. U tablici 4 prikazane su jednadžbe omjera vlažnosti zrna, hektolitarske mase i ukupnih primjesa u trogodišnjem razdoblju istraživanja, a u tablici 5 jednadžbe omjera dobivenih vrijednosti vlage zrna i hektolitarske mase u odnosu na udio bijelih i crnih primjesa.

Analizom pojedinačnih rezultata omjera između hektolitarske mase i ukupnih primjesa u prvoj godini, uočava se povećanje vrijednosti hektolitarske mase uslijed smanjivanja sadržaja ukupnih primjesa i to iznad vrijednosti hektolitarske mase od 73kg/hl. Najmanji sadržaj ukupnih primjesa zamijećen je kod hektolitarske mase od 74,8 do 76,2 kg/hl i

Tablica 4. Jednadžbe omjera vlažnosti zrna, hektolitarske mase i ukupnih primjesa u trogodišnjem razdoblju istraživanja  
 Table 4. Ratio equations of kernel moisture, hectoliter weight and total admixtures in the three-year research period

Godina Year	Čimbenici-Factors	Jednadžba omjera / Ratio equation	R <sup>2</sup>
1997.	Vlaga zrna i hektolitarska masa Kernel moisture and hectoliter weight	$y_1 = -0,1842x_1 + 28,367$	0,1479
	Vlaga zrna i ukupne primjese Kernel moisture and total admixtures	$y_1 = -0,4884x_2 + 15,705$	0,0917
	Hektolitarska masa i ukupne primjese Hectoliter weight and total admixtures	$y_2 = 0,09284x_2^2 - 14,236x_2 + 548,76$	0,3595
1998.	Vlaga zrna i hektolitarska masa Kernel moisture and hectoliter weight	$y_1 = -0,087x_1 + 20,033$	0,0538
	Vlaga zrna i ukupne primjese Kernel moisture and total admixtures	$y_1 = -0,0183x_2 + 13,616$	0,0021
	Hektolitarska masa i ukupne primjese Hectoliter weight and total admixtures	$y_2 = 0,1823x_2^2 - 27,585x_2 + 1046,1$	0,6068
1999.	Vlaga zrna i hektolitarska masa Kernel moisture and hectoliter weight	$y_1 = -0,1481x_1 + 24,636$	0,2434
	Vlaga zrna i ukupne primjese Kernel moisture and total admixtures	$y_1 = 0,1336x_2 + 12,701$	0,0523
	Hektolitarska masa i ukupne primjese Hectoliter weight and total admixtures	$y_2 = 0,0047x_2^2 - 0,8802x_2 + 45,38$	0,1078

Oznake-Symbols:  $y_1$  – vlaga zrna- kernel moisture;  $y_2$  – hektolitarska masa-hectoliter weight;  $x_1$  – hektolitarska masa-hectoliter weight;  
 $x_2$  – ukupne primjese-total admixtures

 Tablica 5. Jednadžbe omjera dobivenih vrijednosti vlage zrna i hektolitarske mase sa bijelim i crnim primjesama  
 Table 5. Equation of the ratios of kernel moisture and hectoliter weight with white and black admixtures

Čimbenici - Factors	Jednadžba omjera - Ratio equation	R <sup>2</sup>
Vlaga zrna i udio bijelih primjesa Kernel moisture and portion of white admixtures	$y_1 = 0,1034x_1 + 13,016$	0,0173
Vlaga zrna i udio crnih primjesa Kernel moisture and portion of black admixtures	$y_1 = 0,2478x_2 + 13,077$	0,0555
Hektolitarska masa i udio bijelih primjesa Hectoliter weight and portion of black admixtures	$y_2 = 0,0077x_1^2 - 1,1886x_1 + 49,708$	0,0064
Hektolitarska masa i udio crnih primjesa Hectoliter weight and portion of black admixtures	$y_2 = 0,0031x_2^2 + 0,3085x_2 - 4,3284$	0,3174

Oznake-Symbols:  $y_1$  – vlaga zrna-kernel moisture;  $y_2$  – hektolitarska masa-hectoliter weight;  $x_1$  – udio bijelih primjesa-portion of white admixtures;  
 $x_2$  – udio crnih primjesa-portion of black admixtures

iznosio je oko 2,2%. U drugoj godini omjer između hektolitarske mase i ukupnih primjesa pokazuje povećanje vrijednosti hektolitarske mase iznad 69,5 kg/hl uslijed smanjivanja sadržaja ukupnih primjesa. Pri hektolitarskoj masi od 76,2 kg/hl utvrđen je najmanji sadržaj primjesa koji je iznosio 2,5%. U trećoj godini istraživanja rezultati analize omjera pokazuju povećanje vrijednosti hektolitarske mase iznad 70,8 kg/hl, uslijed smanjenja sadržaja ukupnih primjesa. Pri hektolitarskoj masi od 76,7 kg/hl najmanji je sadržaj ukupnih primjesa i iznosi 2,8%. Povećanjem vlage u zrnu iznad 11% povećao se i sadržaj ukupnih i bijelih primjesa, a sadržaj crnih primjesa se smanjio.

Također analizom omjera između hektolitarske mase i ukupnih, crnih i bijelih primjesa, utvrđeno

je, da se povećanjem vrijednosti hektolitarske mase iznad 70,8 kg/hl, smanjuje sadržaj ukupnih i crnih, a povećava se sadržaj bijelih primjesa. U tablicama 4 i 5 prikazani su koeficijenti determinacije (R<sup>2</sup>). Njihove su vrijednosti male, što govori da će se ovakvi odnosi između hektolitarske mase, vlage u zrnu i ukupnih primjesa, kao i između vlage u zrnu, crnih i bijelih primjesa vrlo teško ponovno pojaviti.

Poznato je da se povećanjem količine primjesa smanjuje hektolitarska masa. Količina primjesa u uzorcima nam pokazuje kakva je bila razina agrotehnike, kakvi su bili uvjeti tijekom uzgojne sezone, te u kakvim je uvjetima protekla žetva. Klimatski uvjeti (temperatura i oborine) tijekom nalijeivanja zrna u znatnoj mjeri utječu na kakvoću zrna.

S povećanom količinom oborina i nižim temperaturama u fazi nalijevanja zrna povećava se prinos zrna i apsolutna masa, dok se udio proteina, sedimentacijske vrijednosti i vlažnog lijepka povećava (Nevestić i sur., 1998). Hektolitarska masa je čimbenik koji ima veliku važnost za prehrambenu industriju, osobito za preradu žitarica. Većom hektolitarskom masom povećava se također i gustoća (Ujević, 1988). Kod durum pšenica volumna masa već se koristi kao mjerilo kakvoće (Hardy-Ugarčić, 1997). Neki od stručnjaka već zastupaju ideju da se volumna masa počne koristiti i za ocjenu mlinarske kakvoće meke pšenice. U istraživanju se utvrdilo, iako samo na osnovu jedne godine da korovsko sjeme ima utjecaj na vrijednost hektolitarske mase. Povećanjem udjela korovskog sjemena smanjuje se vrijednost hektolitarske mase. Kljusurić (2000) ističe da pšenica uzgojena lošom primjenom agrotehničkih mjera, uz dosta kiše tijekom proljeća može dati rod s mnoštvom raznih sjemenki žitnog korova. Moguće je da takva pšenica i nakon čišćenja ima miris po korovu, osobito ako je bilo prisutno mnogo divljeg luka. Iz podataka istraživanja može se vidjeti da niža hektolitarska masa znači i veći udio primjesa, pogotovo crnih i korovskog sjemena. Niža hektolitarska masa već je dovoljan indikator kakvoće pšenice, ali tek analizom primjesa možemo dobiti pravu sliku o pšenici koja ulazi u silos.

Međutim, jedino su crne primjese i korovsko sjeme kao dio crnih primjesa najviše utjecali na hektolitarsku masu. Niža hektolitarska masa mogla bi biti i indikator veće količine korovskog sjemena u masi zrna pšenice, pa bi se već unaprijed moglo procijeniti da li takva pšenica uopće zadovoljava ili ne kriterije o kakvoći, tako da bi se takvi uzorci zrna posebno ispitali. To se u radu matematički pokušalo dovesti u odnos. Pšenica koja ima zadovoljavajuću čistoću ne mora prolaziti isti put čišćenja kao i ona koja je jako onečišćena korovskim sjemenom, odnosno manje se oštećuje tijekom manipulacije jer nije potrebno koristiti iste strojeve i transportere kao i za jako onečišćenu pšenicu.

Ova istraživanja napravljena su kod prijama pšenice u silos, dakle u blizini silosa. Tada je pšenica već na vratima silosa i veći je problem ako se pšenica koja je onečišćena mora odbiti i vratiti od kud je došla. Smatramo da bi svakako bilo bolje kada bi se uzorci pšenice prije prijama uzeli, još kod žetve i vidjelo da li isti zadovoljavaju kriterije kakvoće.

## ZAKLJUČCI

Temeljem dobivenih trogodišnjih rezultata o hektolitarskoj masi, vlazi zrna i ukupnim, te crnim i bijelim primjesama tijekom prijama zrna pšenice može se zaključiti:

Matematičko modeliranje za istraživane veličine (hektolitarska masa, ukupne primjese i vlaga zrna) ne pokazuje visoku međusobnu zavisnost, što se vidi iz vrijednosti koeficijenata determinacije koji su mali. To drugim riječima znači da se za navedene veličine pri vrijednostima koje su dobivene u istraživanju ne može uz dovoljno visoku sigurnost izvoditi matematičko modeliranje. Možda bi se isto moglo provesti na većem broju uzoraka u svakoj pojedinoj godini ili u dužem vremenskom razdoblju da bi isto dakle, matematičko modeliranje bilo uspješnije i svrhovitije.

Korelativni odnosi između promatranih veličina tijekom trogodišnjeg istraživanja pokazuju negativnu korelaciju između hektolitarske mase i ukupnih primjesa, te hektolitarske mase i vlage u zrnu. No, koeficijenti korelacije iako su u sve tri godine istraživanja imali negativan predznak iz godine u godinu su se mijenjali pa su čak u pojedinim godinama pokazivali i laku povezanost. Što znači, da se osim prosječne treba vidjeti i kakva je korelacija u pojedinim godinama istraživanja. To nam govori da na odnose između hektolitarske mase i ukupnih primjesa kao i između hektolitarske mase i vlage u zrnu utječu pojedini čimbenici više ili manje. Također kod određivanja korelativnih odnosa između hektolitarske mase i ukupnih primjesa kao i između ukupnih primjesa i vlage u zrnu, potrebno je uzeti u obzir i pojedine komponente ukupnih primjesa (crne i bijele primjese, te njihove komponente). Da bi još više bili sigurni u tvrdnje koje smo iznijeli treba provesti još više sličnih istraživanja u kojima se treba uzeti u obzir vremenske odnosno klimatološke podatke za određeno područje, sortu i agrotehniku. Tek će se tada sa većom sigurnošću moći matematički modelirati hektolitarska masa, vlaga u zrnu i kako ukupne tako i komponente ukupnih primjesa.

## LITERATURA

- Altaf Ali A., I. M. Atkins, L. W. Rooney and K. B. Porter. (1969 b): Kernel dimensions, weight, protein and milling yield of grain from portions of the wheat spike. *Crop Sci.* 9:329 – 330.
- Boumans G. (1985): *Grain Handling and Storage*. Elsevier, New York.
- Bret R. (1972): Fizička svojstva zrnene mase. U knjizi *Štetočine u skladištima*, Vukasović P., Stojanović T., Šenborn A., Novi Sad, 1972, 25 – 29.
- Dobričević Nadica, Plietić S., Marijić M. (1995): Promjene hektolitarske mase kukuruza u procesu sušenja, XI Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice.
- Finney K. F., W. T. Yamazaki, V. L. Youngs and G. L. Rubenthaler. (1987): Quality of hard, soft and durum wheats. p. 677 – 748. In E. Heyne (ed.) *Wheat and wheat improvement*. Agron. Monogr. 13. 2<sup>nd</sup> ed. ASA, CSSA, SSSA Madison, WI.



- Hardy-Ugarčić Žaneta (1997): Tehnološka kakvoća i osnovne karakteristike mljevenja durum pšenica. XIII Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice.
- ICC (1964): International Cereal Commission
- Kljusurić S. (2000): Uvod u tehnologiju mljevenja pšenice. Metković, 2000.
- Krička Tajana, Plietić S., Dobričević Nadica, Fazlić Suzana (1997): Analiza primjesa pšenice (*Triticum Aestivum* spp. *Vulgare*) prije dorade. Zbornik radova, Prvi Hrvatski kongres tehnologa prerade žitarica, BRAŠNO – KRUH, Opatija, 1997.
- Nevestić A., Ugarčić-Hardy Žaneta, Čota A. (1998): Kakvoća nekih sorata pšenice roda 1993/94 i 1994/95. u ovisnosti o klimatskim uvjetima. XIV Međunarodno savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Zbornik radova, Stubičke Toplice.
- Petz B. (1985): Osnovne statističke metode za nematematičare, SNL, Zagreb
- Ritz J. (1997): Uskladištavanje ratarskih proizvoda, Knjiga 1 i 2, PBI d.o.o. Zagreb
- Ritz J. i Štafa Z. (1979): Primjese – jedan od važnih činilaca pri uskladištavanju uljane repice. Poljoprivredna znanstvena smotra, br. 55, Zagreb
- Sauer D. B., Meronuck R. A., Christensen C. M. (1992): Microflora. In: Storage of Cereal Grains and Their Products, American Association of Cereal Chemists, D. B. Sauer, St. Paul, Minnesota, USA, 320 - 321
- Ujević A., Kovačević J. (1972): Ispitivanje sjemena. Zavod za ispitivanje sjemena, Zagreb, 1972.
- Ujević A. (1988): Tehnologija dorade i čuvanja sjemena, Zagreb
- Vasilj Đurđica (2000): Biometrika i eksperimentiranje u bilinogojstvu, Hrvatsko Agronomsko društvo, Zagreb, Hrvatska
- Vešnik F., Dobričević J., Kerep Nadica (1989): Utjecaj povećane vlažnosti pšenice na izmjere apsolutne i hektolitarske mase i količinu primjesa. Zbornik radova, V Savjetovanje tehnologa sušenja i skladištenja, Toplice Topusko.
- Yamazaki W. T., and L.W. Briggles. (1969): Components of test weight in soft wheat. *Crop Sci.* 9:457 – 459.

---

acs67\_10